নবম অধ্যায়

আলোর প্রতিসরণ

Refraction of Light

আলোর প্রতিসরণ: আলোক রশ্মি কোন স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অপর কোন স্বচ্ছ মাধ্যমে যাওয়ার সময় মাধ্যম দ্বয় বিভেদ তল হতে আলোক রশ্মির দিক পরিবর্তন হয়। আলোর এই দিক পরিবর্তন কে আলোর প্রতিসরণ বলে।

A
N
a মাধ্যম
M
O
M'
b মাধ্যম
N'
B

চিত্রানুসারে,

MM' ⇒ দুই মাধ্যমের বিভেদ তল,

AO ⇒ আপতিত রশ্মি,

BO ⇒ প্রতিসরিত রশ্মি,

NN' ⇒ অভিলম্ব

∠AON ⇒ আপতন কোণ

∠BON ⇒ প্রতিসরণ কোণ।

প্রতিসরণের সূত্রানুসারে:

প্রতিসরণ দুই সূত্র বিদ্যমান,

সূত্র:

① আপতিত রশ্মি রশ্মি এবং প্রতিসরিত রশ্মি এবং আপতন বিন্দুতে অংকিত অভিলম্ব একই সমতলে অবস্থান করে,

(২) এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম ও একটি নির্দিষ্ট রঙের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক থাকে, অর্থাৎ

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{ধ্রুবক সংখ্যা}$$

প্রতিসরণ কোণের দ্বিতীয় সূত্রটি জার্মান বিজ্ঞানী স্নেল আবিষ্কার করেন, এ জন্য এই সূত্রকে স্নেলের সূত্র বলে।

এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম ও একটি নির্দিষ্ট রঙের আলোর রশ্মি আপতন কোণ i_1, i_2, i_3, i_4 ---- ইত্যাদির জন্য প্রতিসরণ কোণ যথাক্রমে

r_1, r_2, r_3 --- হলে

$$\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{\sin i_3}{\sin r_3}$$

a মাধ্যম b মাধ্যম c মাধ্যম d মাধ্যম

হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে প্রবেশ করলে আলোক রশ্মি অভিলম্বের দিকে সরে আসে।

হালকা মাধ্যম

বিভেদ তল

অভিলম্ব

ঘন মাধ্যম

* ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রবেশ করলে আলোক রশ্মি অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যায়।

ঘন মাধ্যম

বিভেদ তল

হালকা মাধ্যম

অভিলম্ব

প্রতিসরাঙ্ক : একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম ও নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য আপতন কোণের sin এবং প্রতিসরণ কোণের sin এর অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। একে প্রথম মাধ্যমের সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলে। প্রতিসরাঙ্কের মান μ/n দ্বারা প্রকাশ করা হয়। প্রতিসরাঙ্ক যেহেতু একটি অনুপাত যেহেতু এর কোনো একক নেই।

প্রতিসরাঙ্কের প্রকারভেদঃ

প্রতিসরাঙ্ক দুই প্রকার

(i) আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্ক

(ii) পরম প্রতিসরাঙ্ক

আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্কঃ একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম ~~ও একজোড়া~~ ও নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য আপতন কোণের sin ও প্রতিসরণ কোণের sin এর অনুপাতকে ১ম মাধ্যমের সাপেক্ষে ২য় মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বা আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্ক বলে।

a মাধ্যমের সাপেক্ষে b মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক

$_a\mu_b$ হলে,

$$_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r}$$

পরম প্রতিসারাংক: একটি নির্দিষ্ট রঙের আলোর জন্য শূন্য মাধ্যমের সাপেক্ষে অন্য কোন স্বচ্ছ মাধ্যমের প্রতিসারাংককে পরম প্রতিসারাংক বলে।

পরম প্রতিসারাঙ্ককে চরম বা নিরপেক্ষ প্রতিসারাঙ্ক নামেও অভিহিত করা হয়।

O মাধ্যম

i

b মাধ্যম

r

$$ {}_{o}\mu_{b} = \frac{\sin i}{\sin r} $$

$$ \mu_{b} = \frac{\sin i}{\sin r} $$

কোনো মাধ্যমের সাপেক্ষে a মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক μ_a এবং, কোনো মাধ্যমের সাপেক্ষে b মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক μ_b হলে,

a মাধ্যমের b মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক

$$_a\mu_b = \frac{\mu_a}{\mu_b}$$

হবে।

O মাধ্যম

a মাধ্যম

O মাধ্যম

b মাধ্যম

μ_a

$$_a\mu_b = \frac{\mu_a}{\mu_b}$$

μ_b

a মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্ক μ_a

b মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্ক μ_b

$$_a\mu_b = \frac{\mu_a}{\mu_b}$$

আলোর বেগের সাথে প্রতিসরাঙ্কের সম্পর্ক!

a মাধ্যম

$c_a \rightarrow$ a মাধ্যমে আলোর বেগ

b মাধ্যম

$c_b \rightarrow$ b মাধ্যমে আলোর বেগ

$$_a\mu_b = \frac{c_a}{c_b}$$

- "হীরকের প্রতিসরাঙ্ক কাঁচের চেয়ে বেশি" বলতে বুঝায়-

- হীরক ঘনতর স্বচ্ছ ও কাচ লঘুতর স্বচ্ছ মাধ্যম।
- আলোক রশ্মি কাচ হতে হীরকে প্রতিসৃত হলে আপতন কোণ প্রতিসরন কোণ অপেক্ষা বড় হবে।
- আলোকের বেগ হীরক অপেক্ষা কাঁচে বেশি হবে।
- একই আপতন কোণের জন্য একটি আলোক রশ্মির প্রতিসরণ কোণ বায়ু হতে হীরকে প্রতিসৃত হলে যা হবে বায়ু হতে কাঁচে প্রতিসৃত হলে তার চেয়ে বেশি হবে।
- বায়ু ও কাঁচের মধ্যকার সংকট কোণ অপেক্ষা বায়ু ও হীরকের মধ্যকার সংকট কোণ কম হবে।
- হীরক ও কাঁচের মধ্যকার সংকট কোণ এবং কাচের সাপেক্ষে হীরকের প্রতিসরাঙ্ক $_g\mu_d$ হলে $_g\mu_d = \frac{1}{\sin\theta_c} > 1$ কাঁচ অপেক্ষা হীরক বেশি উজ্জ্বল দেখাবে।
- আলোক একমাত্র হীরক হতে কাঁচে যাওয়ার পথেই বিশেষ আপতন কোণের জন্য পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটবে।
- একই মাধ্যমে অভিন্ন ব্যাসার্ধের হীরকের তৈরি লেন্স অপেক্ষা কাঁচের তৈরি লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বেশি হবে।
- একই আপতন কোণের ক্ষেত্রে হীরক অপেক্ষা কাঁচে প্রতিসৃত রশ্মির কৌণিক বিচ্যুতি কম হবে।

- **প্রতিসরণের কারণ:**

- স্বচ্ছ ঘন মাধ্যম অপেক্ষা হালকা মাধ্যমে আলোর বেগ অধিক।
- কোন মাধ্যমের প্রতিসরাংক মাধ্যমের মধ্যদিয়ে আলোর বেগের ব্যস্তানুপাতিক।
- আলোর বেগের বিভিন্নতার জন্যই প্রতিসরণ ঘটে থাকে।

প্রতিসরণের কয়েকটি দৃষ্টান্ত:

- খাড়াভাবে তাকালে একটি পুকুরের গভীরতা প্রকৃত গভীরতা হতে কম মনে হয়।
- বায়ুমন্ডলে আলোর প্রতিসরণেরজন্য সূর্যোদয়ের খানিকটা পূর্বে ও সূর্যাস্তের খানিকটা পরেও সূর্যকে দেখা যায়।
- দিগন্তের নিকট সূর্য বা চন্দ্রকে ডিম্বাকৃতি দেখায়।
- নক্ষত্রের ঝিকিমিকি (আলোক রশ্মি বিভিন্ন ঘনত্বের বায়ুস্তরের মধ্য দিয়ে আসে বলে ইহা ঘটে)।
- কাঁচ ও গ্লিসারিনের প্রতিসরাংক প্রায় সমান এবং উভয়ই স্বচ্ছ। সেজন্য কাঁচপাত্রে রক্ষিত গ্লিসারিনের মধ্যে কাঁচদন্ড দেখা যায় না। কারণ তারা একই মাধ্যমের মত আচরণ করে।
- প্রখর রৌদ্রে পীচ-ঢালা রাস্তার দিকে তাকালে কিছু রাস্তা পানিসিক্ত মনে হয় আলোকের প্রতিসরণের জন্য।
- সোজা দন্ডকে আংশিক এবং তির্যকভাবে পানিতে ডুবালে বাঁকা দেখায়।
- পানিতে ডুবানো মুদ্রাকে পানিতে প্রকৃত গভীরতার প্রায় এক চতুর্থাংশ উপরে দেখা যায়।
- বাঁকাভাবে তাকালে পুকুরের গভীরতা প্রকৃত গভীরতা হতে কম মনে হয়।
- পানিতে থাকা মাছকে প্রকৃত অবস্থানের চেয়ে কিছুটা উপরে দেখায়।
- কাগজের উপর একটি দাগ দিয়ে যদি দাগের উপর একটি কাঁচের স্লাব বসানো হয়, তাহলে দাগটিকে প্রকৃত অবস্থানের চেয়ে উপরে দেখায়।
- **প্রতিসরাঙ্ক ও আলোকের বেগ:** বিভিন্ন স্বচ্ছ মাধ্যমে আলোকের বেগ বিভিন্ন। কোন মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্ক,

  μ = শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ/ঐ মাধ্যমে আলোর বেগ $= v_0/v_m$

  আবার, ${}_a\mu_b = v_a/v_b$

Q) পানিতে আলোর বেগ ~~3~~ $2.26 \times 10^8\ ms^{-1}$ এবং হীরাতে আলোর বেগ $1.24 \times 10^8\ ms^{-1}$ হলে, পানি সাপেক্ষে হীরার প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

> পানি সাপেক্ষে হীরার প্রতিসরাঙ্ক $_w\mu_d$ হলে,

$$_w\mu_d = \frac{C_w}{C_d}$$

$$= \frac{2.26 \times 10^8}{1.24 \times 10^8}$$

$$_w\mu_d = 1.823$$

এখানে,

$C_w = 2.26 \times 10^8\ ms^{-1}$

$C_d = 1.24 \times 10^8\ ms^{-1}$

※ সাধারণ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.52 হলে, সাধারণ কাচের ভিতর আলোর বেগ কত হবে?

→ সাধারণ কাচের প্রতিসরাঙ্ক $_o\mu_g$ হলে,

$$_o\mu_g = \frac{c_o}{c_g}$$

বা, $$c_g = \frac{c_o}{_o\mu_g}$$

$$= \frac{3\times10^8}{1.52}$$

$$= 2\times10^8\ ms^{-1}$$

এখানে,

$_o\mu_g = 1.52$

$c_o = 3\times10^8\ ms^{-1}$

$c_g = ?$

আলোক রশ্মি বায়ু হতে কাচে প্রবেশের সময় আপতন কোণ 30° হলে প্রতিসরণ কোণ নির্ণয় করো। (বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5)

⇒

বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $_a\mu_g$ হলে,

এখানে,

$_a\mu_g = 1.5$

$i = 30^\circ$

$r = ?$

$$_a\mu_g = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\Rightarrow \sin r = \frac{\sin i}{_a\mu_g}$$

$$\Rightarrow \sin r = \frac{\sin 30^\circ}{1.5}$$

$$\Rightarrow \sin r = 0.33$$

$$\Rightarrow r = \sin^{-1} 0.33$$

$$\therefore r = 19.27^\circ$$

বায়ু ও কাচ মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1.00029 এবং 1.52 হলে, বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত?

→ বায়ুর সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $_a\mu_g$

$$_a\mu_g = \frac{\mu_a}{\mu_g}$$

$$= \frac{1.00029}{1.52}$$

$$= 0.66 \text{ (Ans)}$$

$\mu_a = 1.00029$

$\mu_g = 1.52$

$_a\mu_g = ?$

$_a\mu_b$ এবং $_b\mu_a$ এর মধ্যে সম্পর্ক:

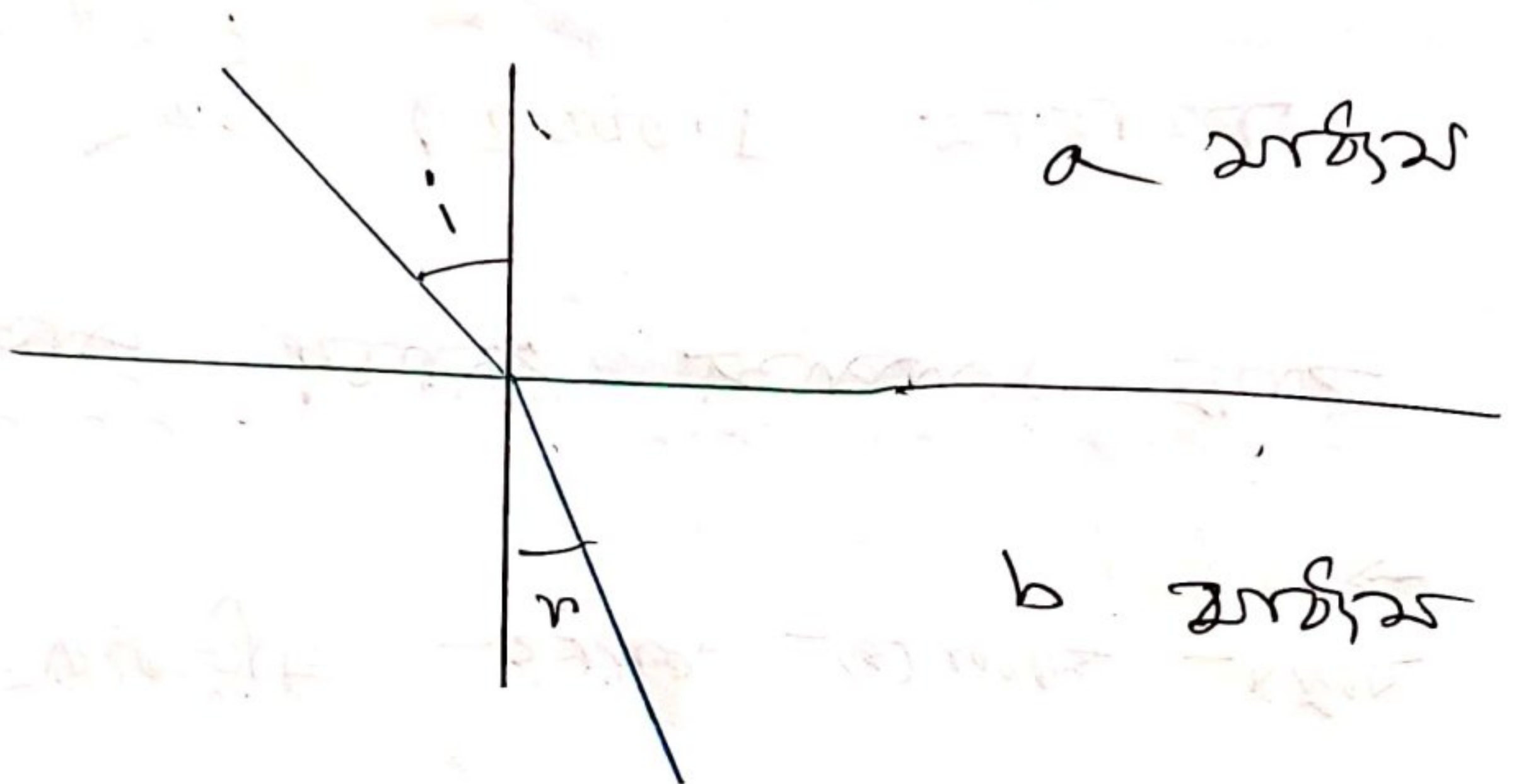
a মাধ্যম

b মাধ্যম

চিত্রানুসারে,

$$_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r} \quad \text{———} \quad (i)$$

$$_b\mu_a = \frac{\sin r}{\sin i} \quad \text{———} \quad (ii)$$

(i) ও (ii) নং সমীকরণ গুণ করি,

$${}_a\mu_b \cdot {}_b\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r} \times \frac{\sin r}{\sin i}$$

$$\Rightarrow {}_a\mu_b \cdot {}_b\mu_a = 1$$

$$\Rightarrow \boxed{{}_a\mu_b = \frac{1}{{}_b\mu_a}} \qquad \boxed{{}_b\mu_a = \frac{1}{{}_a\mu_b}}$$

* বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক 1.53 হলে পানি সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক কত?

→

বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক $_a\mu_w$ এবং

পানি সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক $_w\mu_a$ হলে,

$$_w\mu_a = \frac{1}{_a\mu_w}$$

$$= \frac{1}{1.53}$$

$$= 0.66$$ Ans

এখানে,

$_a\mu_w = 1.53$

ও

$_w\mu_a = ?$

প্রতিসরণাঙ্কের সূত্রাবলি

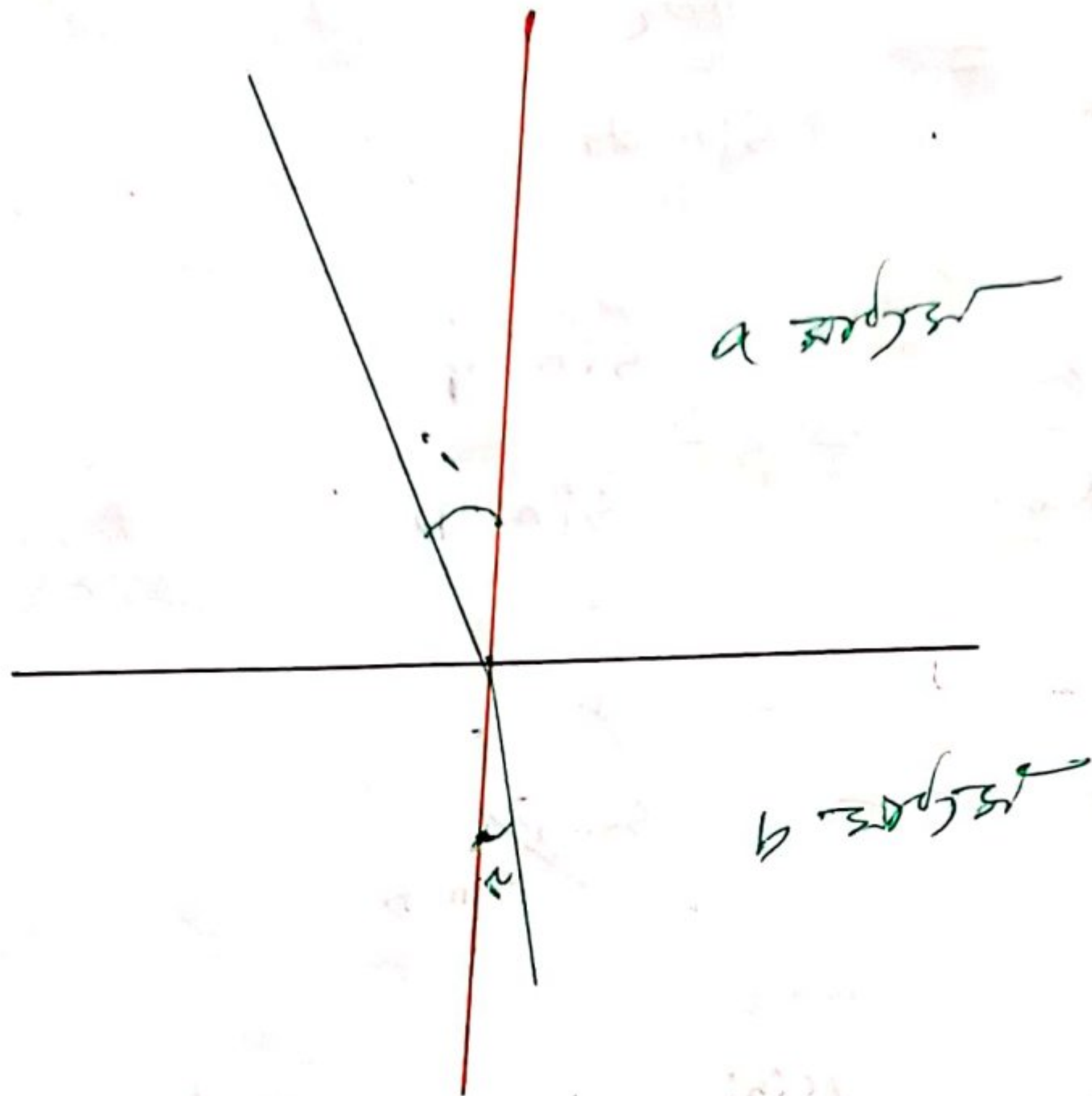
a মাধ্যম

i

r

b মাধ্যম

$$ {}_a\mu_b = \frac{\mu_a}{\mu_b} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c_a}{c_b} = \frac{1}{{}_b\mu_a} $$

অর্থাৎ,

$$ {}_a\mu_b = \frac{\mu_a}{\mu_b} $$

$$ {}_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r} $$

$$ {}_a\mu_b = \frac{c_a}{c_b} $$

$$ {}_a\mu_b = \frac{1}{{}_b\mu_a} $$

$$ \frac{\mu_a}{\mu_b} = \frac{\sin i}{\sin r} $$

$$ \frac{\mu_a}{\mu_b} = \frac{c_a}{c_b} $$

$$ \frac{\mu_a}{\mu_b} = \frac{1}{{}_b\mu_a} $$

$$ \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c_a}{c_b} $$

$$ \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{{}_b\mu_a} $$

EXTRA

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$

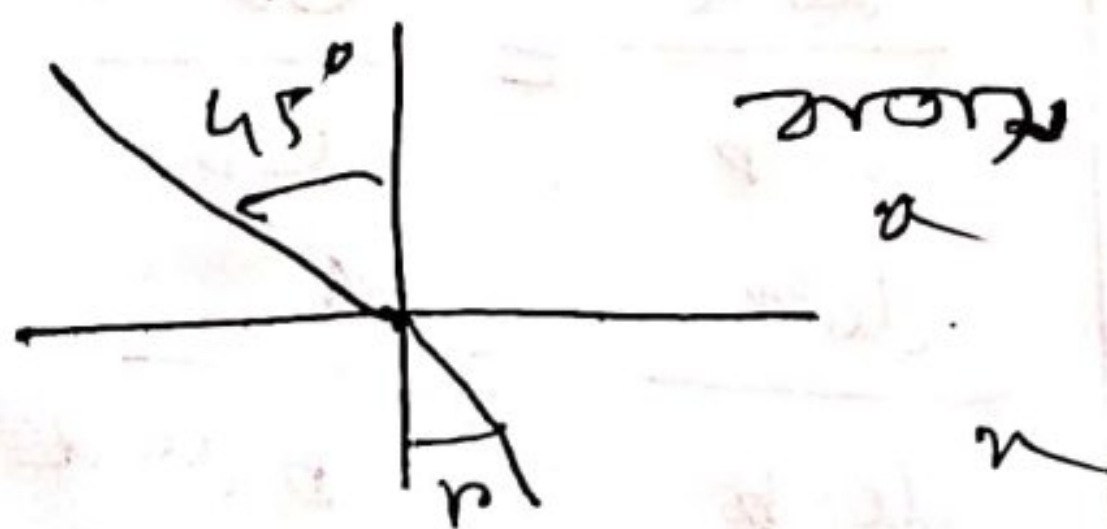
$$\Rightarrow \frac{\mu_a}{\mu_b} = \frac{\sin r}{\sin i}$$ $\left[{}_a\mu_b = \frac{\mu_a}{\mu_b} \right]$

$$\Rightarrow {}_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Q/ বাতাস থেকে আলোক রশ্মি $n = 1.6$ মাধ্যমে 45° তে আপতিত হলো। এটি কত ডিগ্রি কোণে দ্বিতীয় মাধ্যমে প্রবেশ করবে।

$${}_a\mu_n = 1.6$$

$$r = ?$$

আমরা জানি,

$$_a\mu_r = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\Rightarrow 1.6 = \frac{\sin 45^\circ}{\sin r}$$

$$\Rightarrow \sin r = \frac{\sin 45^\circ}{1.6}$$

$$\Rightarrow r = \sin^{-1} \frac{\sin 45^\circ}{1.6}$$

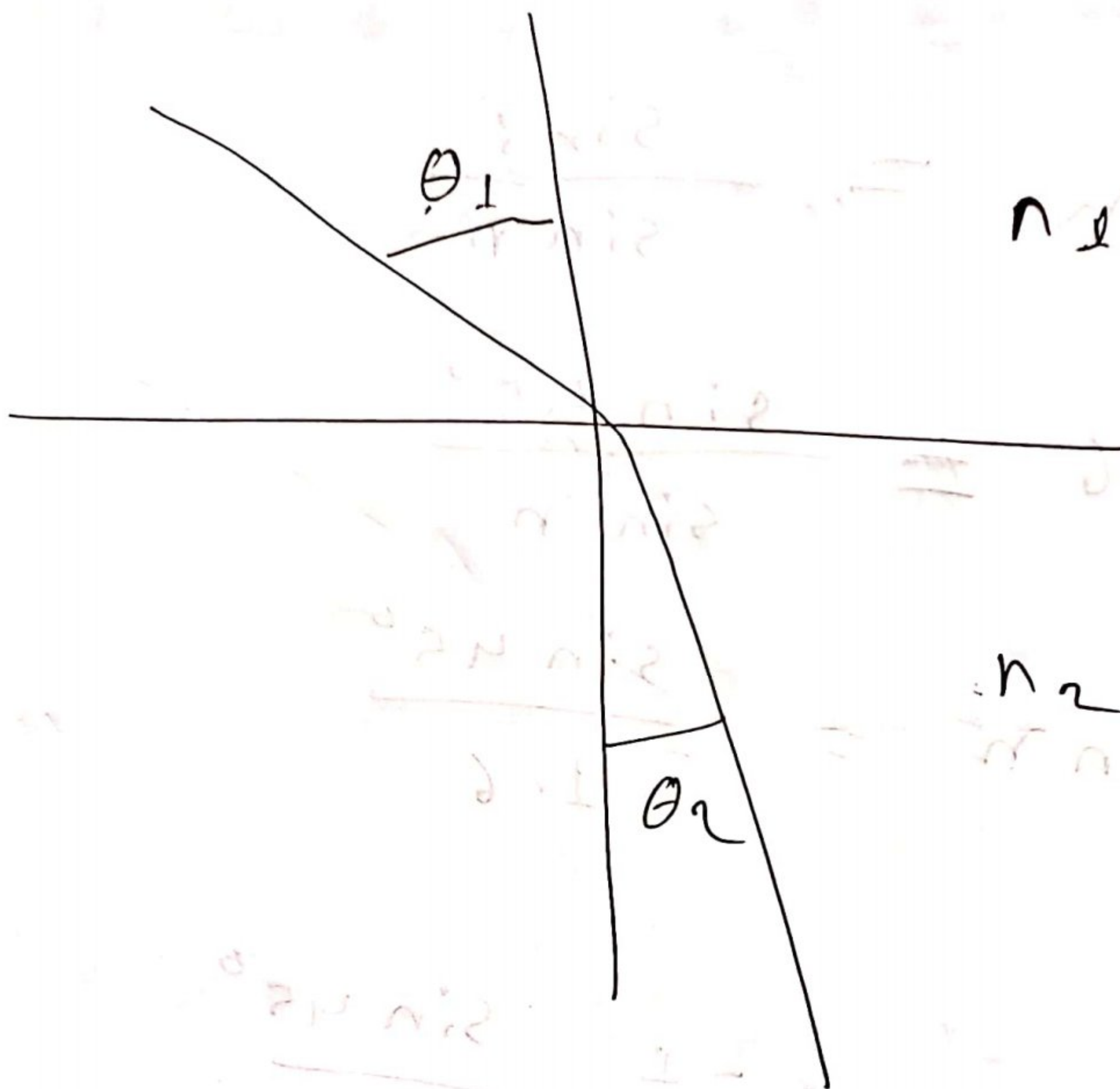
$$\Rightarrow r = \sin^{-1} 0.44$$

$$\Rightarrow r = 26^\circ$$

θ_1

n_1

n_2

θ_2

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

সংকট কোণ / ক্রান্তি কোণ / সন্ধি কোণ / Critical angle:

- **সংকট কোণ:** যখন কোন আলোক রশ্মি ঘন স্বচ্ছ মাধ্যম হতে হালকা স্বচ্ছ মাধ্যমে এমনভাবে প্রতিসৃত হয় যে, প্রতিসরণ কোণ 90^0 হয়, তখন আপতিত রশ্মি মাধ্যমে যে আপতন কোণ সৃষ্টি করে তাকে সংকট কোণ বা ক্রান্তি কোণ বলে।
- একে θ_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
- এর মান মাধ্যমের প্রকৃতি ও আপতিত আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে।

এছাড়া i_c অথবা θ_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ক্রান্তি কোণ বা সংকট কোণের ব্যাখ্যা:

অভিলম্ব

N

P

ঘন (b)

θ_c

M — O — M বিভেদ তল

r

হালকা (a)

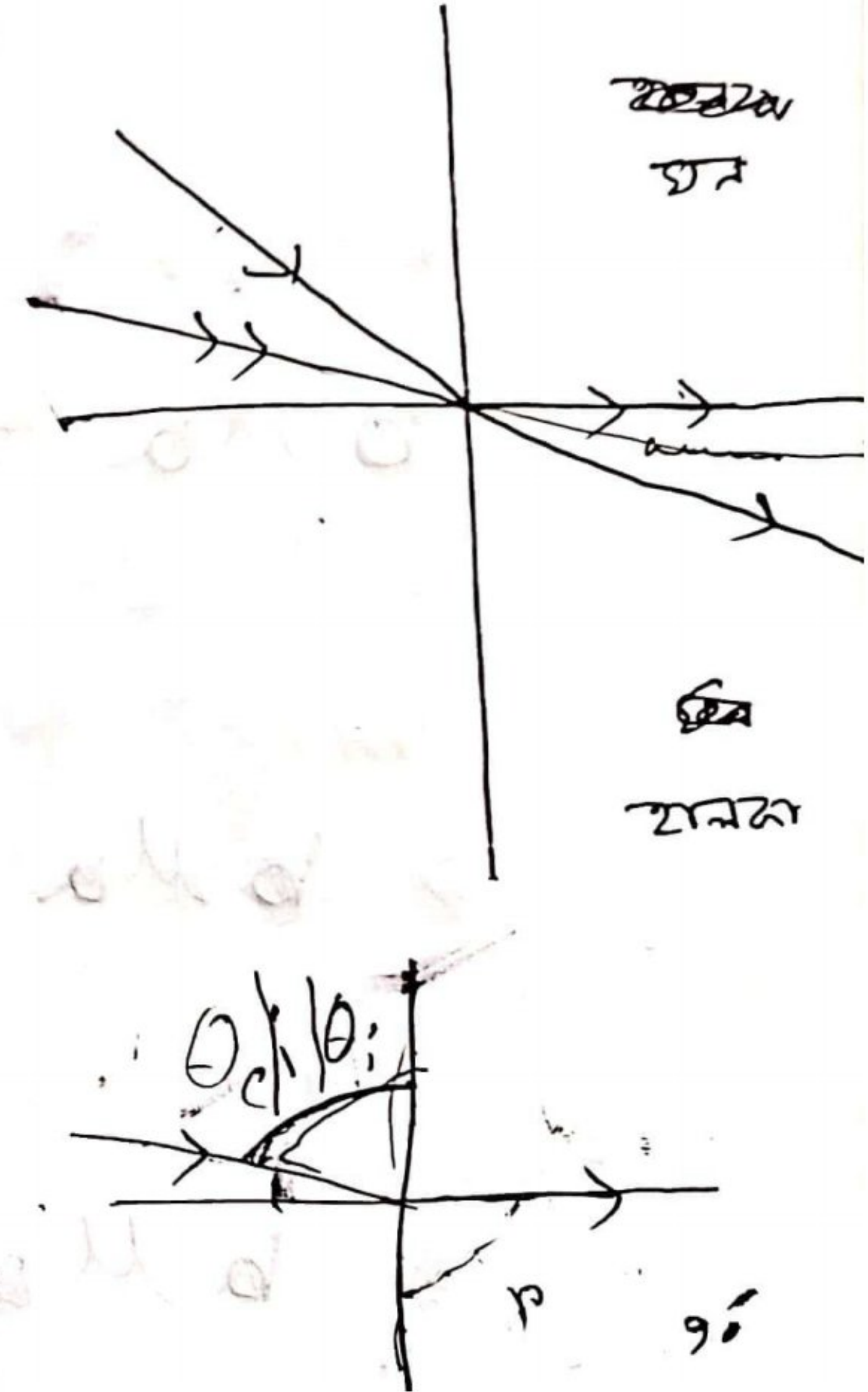
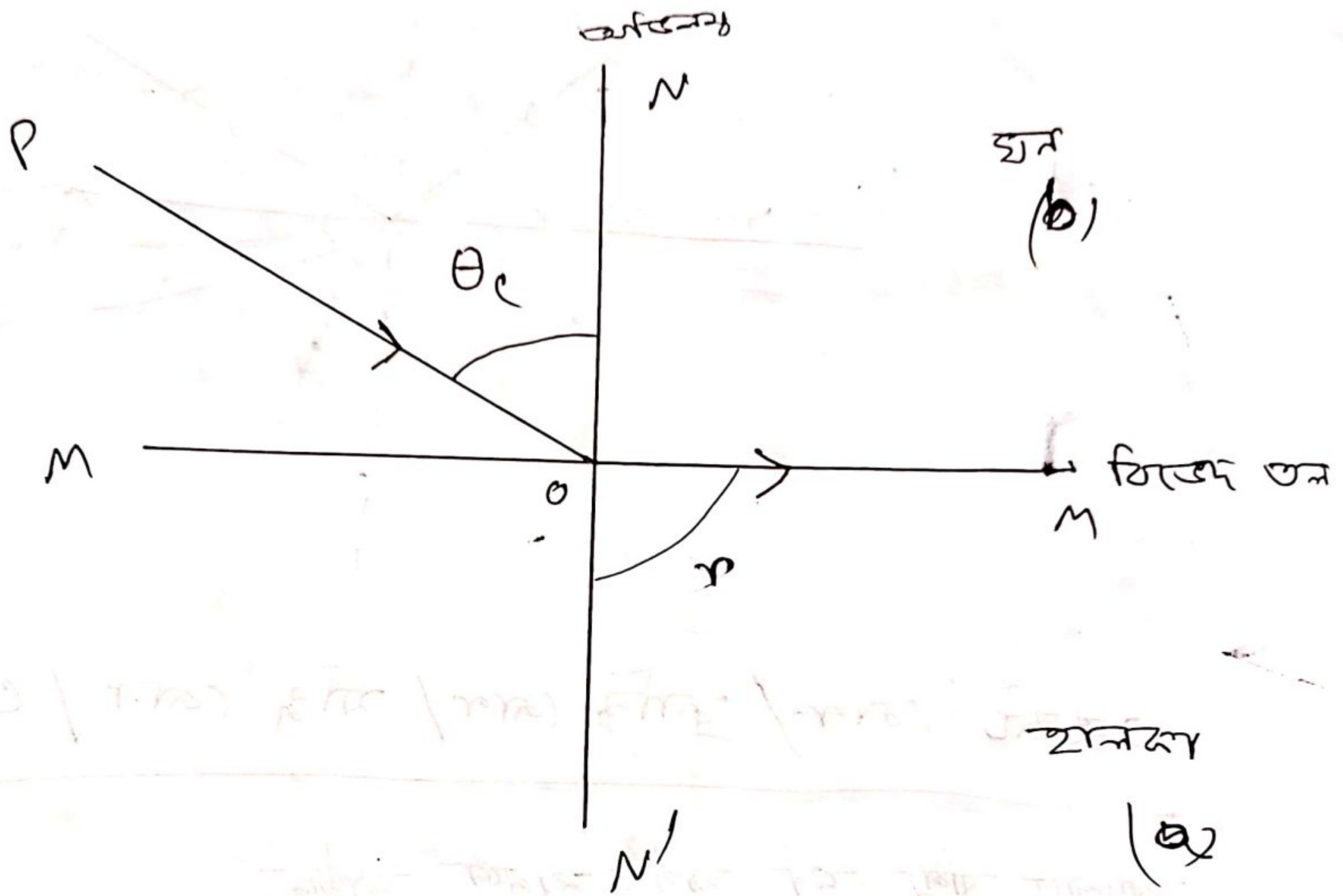
N'

$${}_b\mu_a = \frac{\sin\theta_c}{\sin r}$$

$$\Rightarrow {}_b\mu_a = \frac{\sin\theta_c}{\sin 90^\circ}$$

$$\Rightarrow {}_b\mu_a = \frac{\sin\theta_c}{1}$$

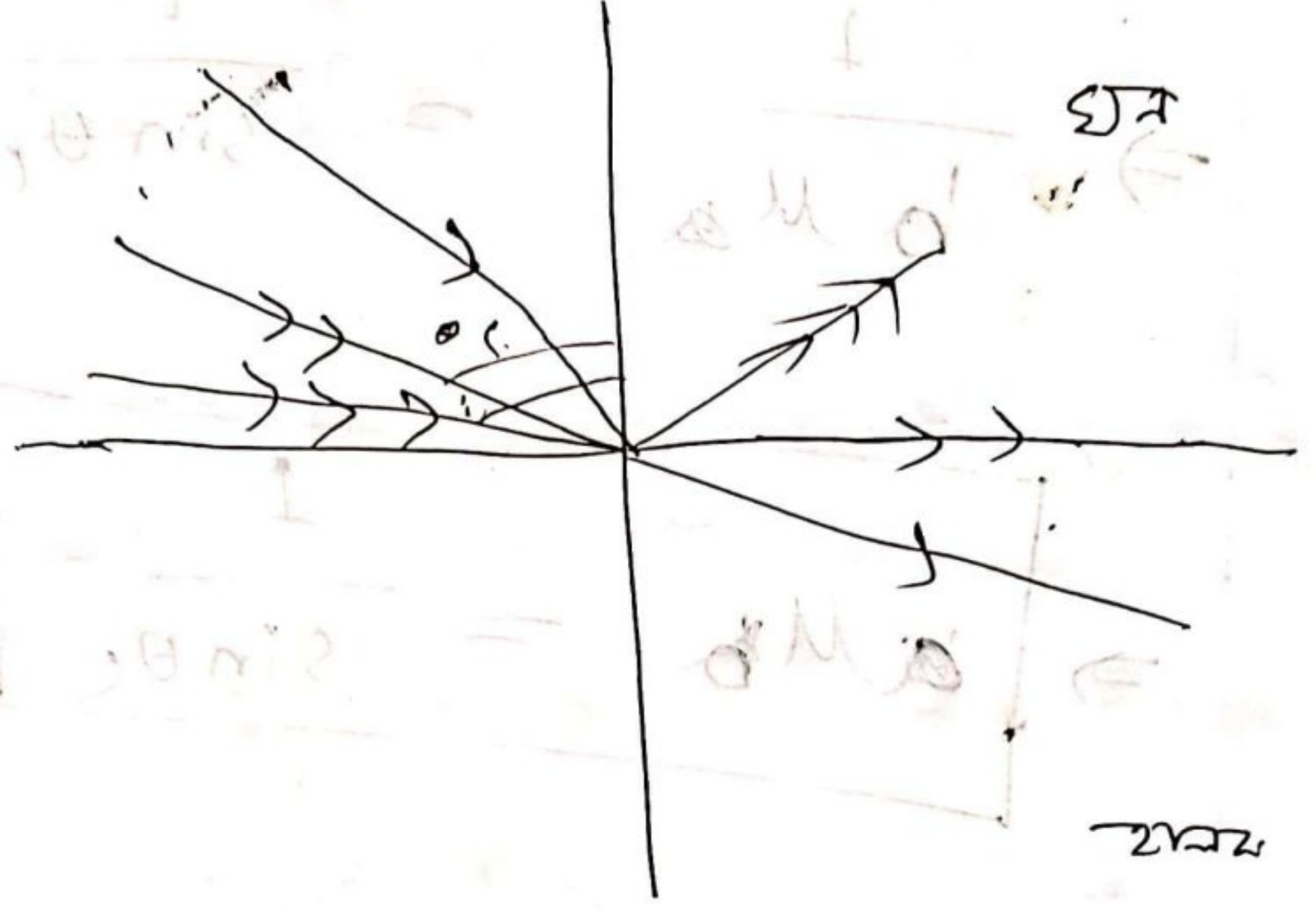
$$\Rightarrow {}_b\mu_a = \sin\theta_c$$

$$\Rightarrow \frac{1}{{}_b\mu_a} = \frac{1}{\sin\theta_c}$$

$$\Rightarrow \boxed{{}_a\mu_b = \frac{1}{\sin\theta_c}}$$

$$\Rightarrow \frac{\mu_a}{\mu_b} = \frac{1}{\sin\theta_c}$$

$$\Rightarrow \sin\theta_c = \frac{\mu_b}{\mu_a}$$

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{\mu_b}{\mu_a}\right)$$

পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন :

$\theta_c < i$

- **পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন:** ঘন স্বচ্ছ মাধ্যম হতে হালকা স্বচ্ছ মাধ্যমে যাওয়ার পথে কোন আলোকরশ্মি যদি মাধ্যম দুটির মধ্যকার সংকট কোণের চেয়ে বেশী কোণ করে তাদের বিভেদতলে আপতিত হয় তবে রশ্মিটির সামান্য অংশও প্রতিসৃত না হয়ে সম্পূর্ণরূপে প্রতিফলিত হয়। একে পূর্ণ অভ্যন্তরীন প্রতিফলন বলে।

- **শর্তসমূহ:**
  1. আলোকরশ্মি অবশ্যই ঘন স্বচ্ছ মাধ্যম হতে হালকা স্বচ্ছ মাধ্যমের দিকে তির্যকভাবে যাওয়ার পথে বিভেদতলের উপর আপতিত হবে।
  2. আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বড় হবে।

- **প্রতিসরাঙ্কের উপর তাপমাত্রার প্রভাব:** তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক খুব অল্প পরিমানে পরিবর্তিত হয়। বায়বীয় পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে হ্রাস পায় এবং চাপ বৃদ্ধি পেলে বৃদ্ধি পায়।

লেন্স / দ্বয়কলা (Lense)

দুটি গোলীয় পৃষ্ঠ দ্বারা সীমাবদ্ধ কোনো স্বচ্ছ প্রতিসারক মাধ্যমকে লেন্স বলে।

চিত্র : লেন্স

লেন্স দুই প্রকার ঃ

(i) অবতল লেন্স / দ্বি অবতল

(ii) উত্তল লেন্স / দ্বি উত্তল

লেন্সের প্রকারভেদ:

1. উত্তল বা স্থূলমধ্য লেন্স 2. অবতল বা সূক্ষ্মমধ্য লেন্স

উত্তল লেন্স ৩ প্রকার:

1. উভোত্তল বা দ্বি-উত্তল লেন্স
2. অবতল-উত্তল লেন্স
3. সমতল-অবতল বা সমতলাবতল লেন্স

উত্তল লেন্স ঃ যে লেন্সের মধ্যভাগ মোটা এবং প্রান্তদ্বয় সরু তাকে উত্তল লেন্স বলে।

P

Q

চিত্র PQ একটি উত্তল লেন্স।

অবতল লেন্স ঃ যে লেন্সের মধ্যভাগ সরু এবং প্রান্তদ্বয় মোটা তাকে অবতল লেন্স বলে।

P′

Q′

চিত্রে, P′Q′ একটি অবতল লেন্স।

লেন্স সংক্রান্ত কয়েকটি সংজ্ঞা :

(i) বক্রতার কেন্দ্র ।

(ii) প্রধান অক্ষ ।

(iii) ফোকাস দূরত্ব ।

(iv) ফোকাস তল ।

(v) আলোক কেন্দ্র

(vi) প্রধান ফোকাস

(vi) অনুবন্ধি ফোকাস

◆ গৌণ ফোকাস

বক্রতার কেন্দ্র : যে গোলীয় পৃষ্ঠ হতে লেন্স তৈরি হয় সেই গোলীয় পৃষ্ঠের কেন্দ্র বিন্দুকে বক্রতার কেন্দ্র বলে। একটি লেন্সের বক্রতার কেন্দ্র ২টি থাকে।

চিত্র : A ও B উত্তল লেন্সের এবং A′ ও B′ অবতল লেন্সের বক্রতার কেন্দ্র

প্রধান অক্ষ: দুটি বক্রতার কেন্দ্রগামী সংযোগকারী সরল রেখাকে প্রধান অক্ষ বলে।

A B

A′ B′

চিত্রে: AB হচ্ছে উত্তল লেন্সের এবং A′B′ হচ্ছে অবতল লেন্সের প্রধান অক্ষ।

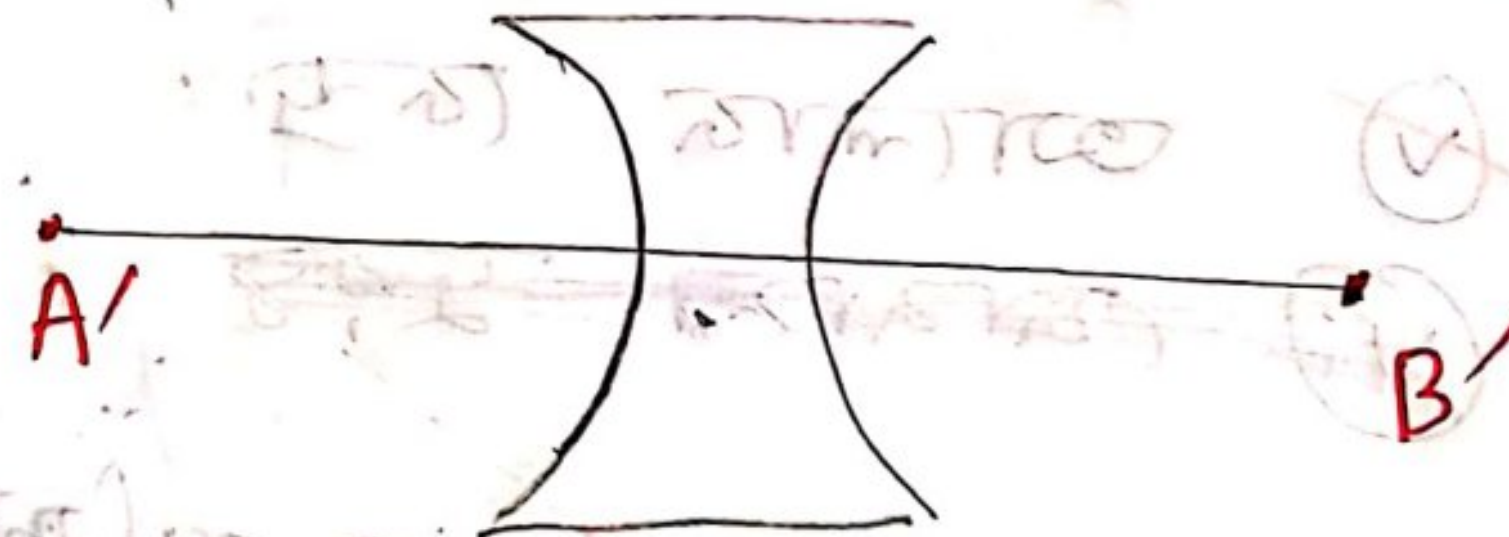
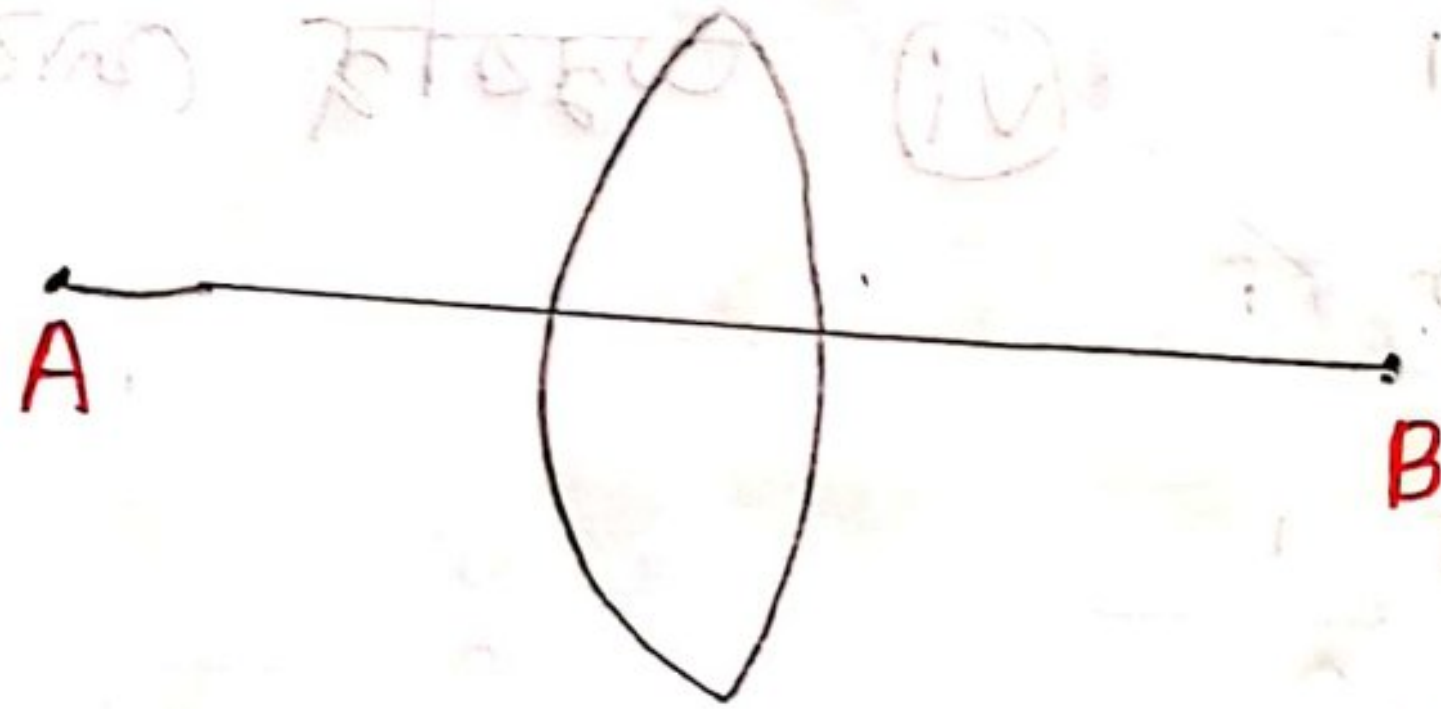
প্রধান ফোকাস: এক গুচ্ছ সমান্তরাল আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালে লেন্সে আপতিত হওয়ার পর প্রতিসরিত রশ্মিগুচ্ছ প্রধান অক্ষের উপর যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় তাকে প্রধান ফোকাস বলে। লেন্সে দুটি প্রধান ফোকাস বিন্দু থাকে।

A f B

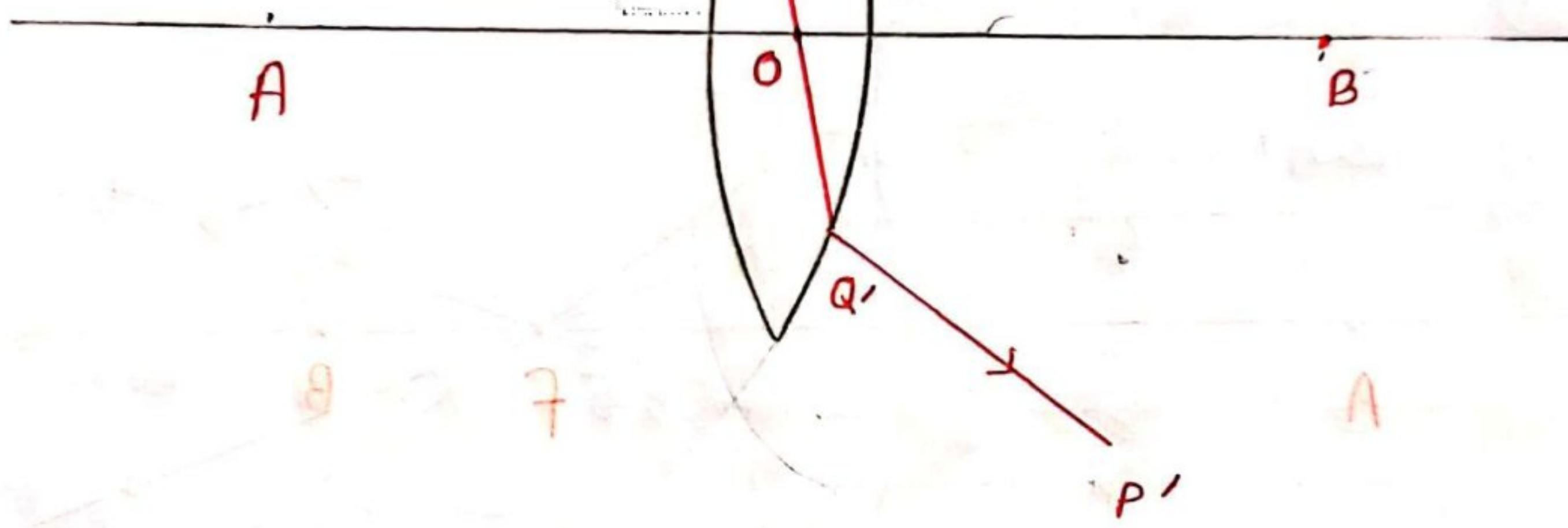
চিত্রে: f হচ্ছে উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাস।

A′ f′ B′

চিত্রে: f′ হচ্ছে অবতল লেন্সের প্রধান ফোকাস।

* **আলোক কেন্দ্র ঃ** আপতিত রশ্মি এবং নির্গত রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল হলে প্রতিসারিত রশ্মি এমন অক্ষের যে বিন্দু দিয়ে গমন করে তাকে আলোক কেন্দ্র বলে।

অথবা

- আলোক কেন্দ্র: লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর এমন একটি বিন্দু আছে যার মধ্যে দিয়ে আলোকরশ্মি গমন করলে প্রতিসরণের পর তার দিকের কোন পরিবর্তন হয় না, সেই বিন্দুকে লেন্সের আলোককেন্দ্র বলে।
  - উভোত্তল বা উভাবতল লেন্সে আলোককেন্দ্র লেন্সের ভিতরে থাকে।
  - সমোত্তল বা সমাবতল লেন্সের ক্ষেত্রে ইহা বক্রতলের মেরুবিন্দুতে থাকে।
  - উত্তলাবতল বা অবতল-উত্তল লেন্সে ইহা লেন্সের বাইরে থাকে।

P, Q, A, O, B, Q′, P′

চিত্রে;
$PQ \Rightarrow$ আপতিত রশ্মি
$Q'P' \Rightarrow$ নির্গত রশ্মি
$QQ' \Rightarrow$ প্রতিসরিত রশ্মি
$AB \Rightarrow$ প্রধান অক্ষ

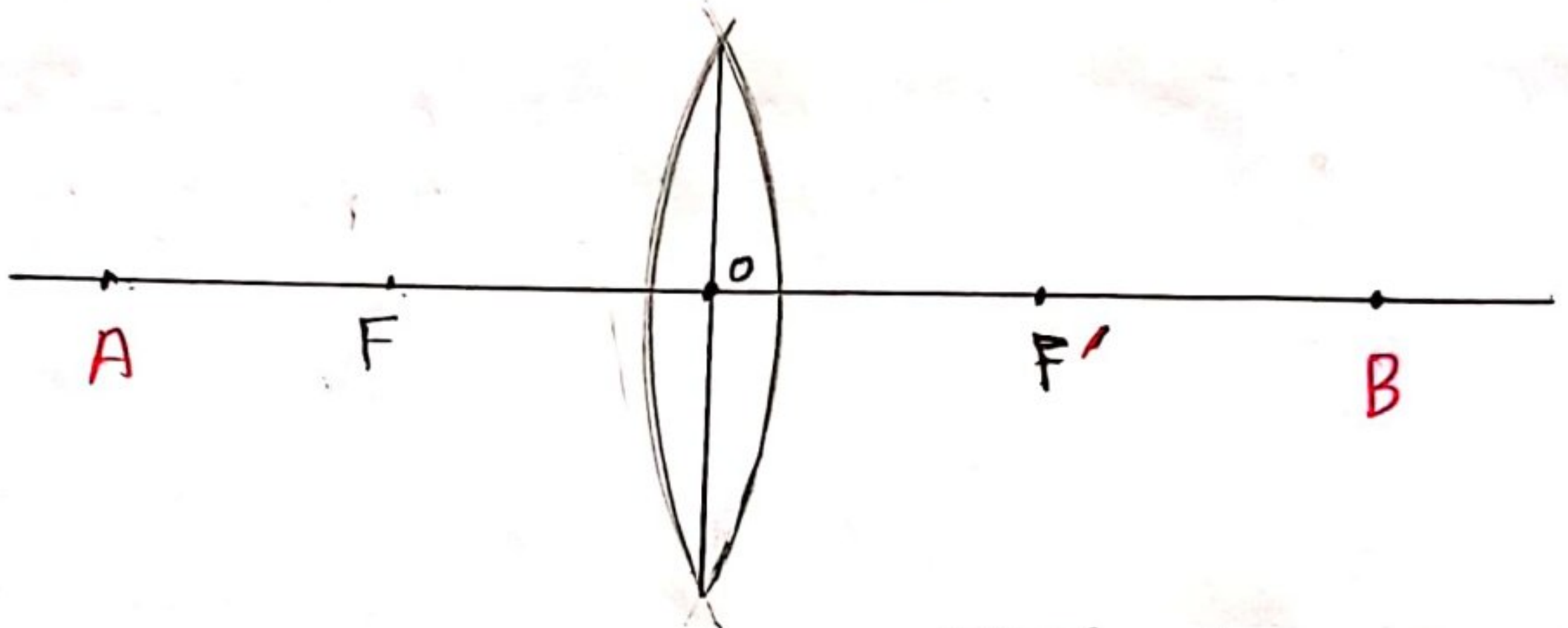
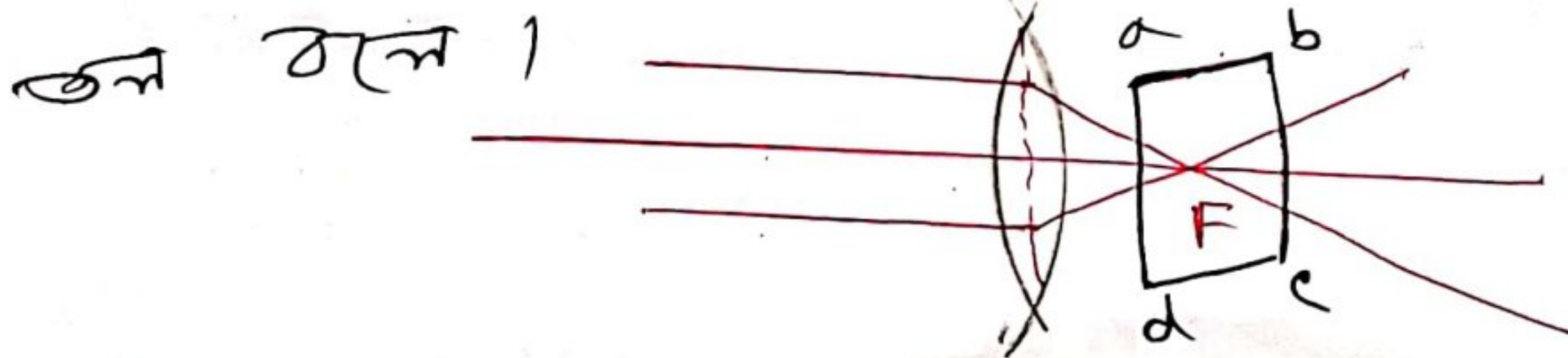
$\because PQ \parallel Q'P'$ এবং এটি প্রধান অক্ষের O বিন্দু দিয়ে গমন করে। সুতরাং চিত্রে O বিন্দু হচ্ছে লেন্সের আলোক কেন্দ্র।

ফোকাস দূরত্ব : প্রধান ফোকাস ও আলোক কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব কে ফোকাস দূরত্ব বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

চিত্রে, A ও B হচ্ছে বক্রতার কেন্দ্র।
F ও F′ হচ্ছে প্রধান ফোকাস,
O হচ্ছে আলোক কেন্দ্র।

সুতরাং OF অথবা OF′ হচ্ছে ফোকাস দূরত্ব।

ফোকাস তল : প্রধান ফোকাস যে কল্পিত তলে অবস্থান করে তাকে ফোকাস তল বলে।

চিত্রে: abcd হচ্ছে ফোকাস তল।

- **অনুবন্ধী ফোকাস:** লেন্সের অনুবন্ধী ফোকাস হল এর প্রধান অক্ষের উপর এমন দুটি বিন্দু যার একটিতে বিন্দু বস্তু রাখলে অপরটিতে তার প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

- **গৌণ ফোকাস:** প্রধান অক্ষের সামান্য আনত সমান্তরাল রশ্মি গুচ্ছ প্রতিসৃত হবার পর ফোকাস তলের যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা যে বিন্দু হতে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় সেই বিন্দুকে লেন্সের গৌন ফোকাস বলে।

- **সরু লেন্স:** কোন লেন্সের দুটি বক্রতলের দূরত্ব তাদের বক্রতার ব্যাসার্ধের তুলনায় খুবই কম হলে উক্ত লেন্সকে সরু লেন্স বলে।

- **একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 0.20m এর অর্থ:**
  1. লেন্সটির ফোকাস এর আলোক কেন্দ্র থেকে 0.20m দূরে অবস্থিত।
  2. লেন্সের আলোক কেন্দ্র হতে তার ফোকাস তলের দূরত্ব 0.20m
  3. ঐ লেন্সে প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আলোকরশ্মিসমূহ প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষকে আলোক কেন্দ্র হতে 0.20m দূরে ছেদ করে।
  4. লেন্স হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব 0.20m হলে বস্তুটির প্রতিবিম্ব অসীম দূরত্বে গঠিত হবে।
  5. লেন্সে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $u > 0.20m$ হলে বাস্তব প্রতিবিম্ব ও $u < 0.20m$ হলে অবাস্তব প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে।
  6. লেন্স হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব $2f = 2\times.20m$ হলে, ঐ বস্তুর আকারের সমান বাস্তব ও উল্টা প্রতিবিম্ব পাওয়া যাবে।
  7. লেন্সটির ক্ষমতা, $P = -1/(-0.20) = +5$ ডায়াপটার।
  8. 0.20m এর চেয়ে কাছের বস্তু দেখতে পায় না এরূপ দীর্ঘ দৃষ্টিযুক্ত চোখে চশমা হিসেবে লেন্সটি ব্যবহার করা যাবে।

- **লেন্সের ক্ষেত্রে:**
  1. সব দুরত্ব আলোক কেন্দ্র হতে পরিমাপ করতে হবে।
  2. বাস্তব বস্তুর দূরত্ব, বাস্তব প্রতিবিম্বের দূরত্ব এবং বাস্তব ফোকাস দূরত্ব ধন রাশি (+) হবে।
  3. অবাস্তব বস্তুর দুরত্ব, অবাস্তব প্রতিবিম্বের দূরত্ব এবং অবাস্তব ফোকাস দুরত্ব ঋণ রাশি (–) হবে।

◆ অবতল লেন্সের প্রতিবিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি:

1. প্রতিবিম্ব সর্বদা অবাস্তব, সিধা ও আকারে বস্তুর চেয়ে ছোট হবে এবং লক্ষ্যবস্তুর একই পার্শ্বে উৎপন্ন হবে।
2. আলোক কেন্দ্র হতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব অপেক্ষা কম হবে।
3. বস্তু যতই আলোককেন্দ্রের দিকে অগ্রসর হবে প্রতিবিম্ব ততই আকারে বৃদ্ধি পাবে, কিন্তু কখনো আকারে বস্তুর সমান হবে না।
4. লক্ষ্যবস্তু অসীম দূরত্বে হলে অবাস্তব, সিধা ও ছোট প্রতিবিম্ব ২য় প্রধান ফোকাসে গঠিত হবে।

☐ লেন্সের ক্ষেত্রে:

- ♦ v = + ve হলে বিম্ব বাস্তব
- ♦ v = – ve হলে বিম্ব অবাস্তব
- ♦ m = + ve হলে বিম্ব সোজা
- ♦ m = – ve হলে বিম্ব উল্টো
- ♦ $|m|>1$ হলে বিম্ব বিবর্ধিত
- ♦ $|m|<1$ হলে বিম্ব খর্বিত
- ♦ $|m| = 1$ হলে বিম্ব লক্ষবস্তুর সমান

☐ উত্তল ও অবতল লেন্সের বৈশিষ্ট্য:

উত্তল লেন্সের বৈশিষ্ট্য	অবতল লেন্সের বৈশিষ্ট্য
১. ইহা দুটি তল দ্বারা সীমাবদ্ধ একটি প্রতিসারক মাধ্যম যার মধ্যভাগ স্ফীত ও দুই প্রান্তের দিকে ক্রমশ সরু।	১. ইহা দুটি তল দ্বারা সীমাবদ্ধ প্রতিসারক মাধ্যম যার মধ্যভাগ সরু এবং দুই প্রান্তের দিকে ক্রমশ স্ফীত।
২. লেন্সের প্রতিসরণ মাধ্যম অপেক্ষা বেষ্টনকারী মাধ্যম লঘুতর হলে ইহা অভিসারী এবং ঘনতর হলে ইহা অপসারী লেন্স।	২. লেন্সের প্রতিসরণ মাধ্যম অপেক্ষা বেষ্টনকারী মাধ্যম লঘুতর হলে তা অপসারী এবং ঘনতর হলে ইহা অভিসারী লেন্স।
৩. লেন্সে ফোকাস দূরত্ব অপেক্ষা অধিক দূরের লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব উল্টা ও বাস্তব হয় এবং ফোকাস দুরত্ব অপেক্ষা কম দুরের লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব সিধা ও অবাস্তব হয়।	৩. লেন্সে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব অলীক বা অবাস্তব ও সিধা হয়।
৪. লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব লেন্সের ফোকাস দূরত্বের দ্বিগুণ অপেক্ষা বেশি হলে প্রতিবিম্ব আকারে বস্তুর চেয়ে ছোট হয় এবং কম হলে প্রতিবিম্ব আকারে বস্তুর চেয়ে বড় হয়।	৪. লেন্সে লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব সর্বদা বস্তুর চেয়ে ছোট হয়।
৫. পুরাতন চিহ্ন রীতি অনুসারে এর ফোকাস দুরত্ব ধণাত্মক বিবেচিত হয়।	৫. পুরাতন চিহ্ন রীতি অনুসারে এর ফোকাস দুরত্ব ঋণাত্মক বিবেচিত হয়।
৬. এর ক্ষমতা ধণাত্মক বিবেচিত হয়।	৬. এর ক্ষমতা ঋণাত্মক বিবেচিত হয়।

❑ দর্পণ ও লেন্সের বৈশিষ্ট্য:

দপর্ণের বৈশিষ্ট্য	লেন্সের বৈশিষ্ট্য
১. কোন মসৃণ প্রতিফলক তলকে দর্পণ বলে। সাধারণ কাচের প্লেটের এক পার্শ্বে ধাতব প্রলেপ দিয়ে দর্পণ তৈরি করা হয়।	১. দুটি তল দ্বারা সীমাবদ্ধ স্বচ্ছ মাধ্যমের উভয় তল গোলীয়অথবা একটি গোলীয়ও অপরটি সমতল হলে, ঐ মাধ্যমকে গোলীয়লেন্স, সংক্ষেপে লেন্স বলে।
২. একটি দর্পণ সমতল, উত্তল বা অবতল হতে পারে।	২. একটি লেন্স অবতল বা উত্তল হতে পারে।
৩. সমতল ও উত্তল দর্পণে লক্ষ্যবস্তু সর্বদা অবাস্তব ও সিধা প্রতিবিম্ব উৎপন্ন হয়। অবতল দর্পণে লক্ষ্যবস্তুর অবস্থানভেদে কখনও বাস্তব ও উল্টা আবার কখনও অবাস্তব ও সিধা প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়।	৩. উত্তল লেন্সে লক্ষ্যবস্তুর অবস্থানভেদে কখনও বাস্তব ও উল্টা আবার কখনও অবাস্তব ও সিধা প্রতিবিম্ব উৎপন্ন হয়। অবতল লেন্সে লক্ষ্যবস্তুর সর্বদা অবাস্তব ও সিধা প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়।
৪. দর্পণে সর্বদা বস্তুর সমান আকারে এবং উত্তল দর্পণে সর্বদা বস্তুর চেয়ে ছোট আকারের প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়। অবতল দর্পণে লক্ষ্যবস্তুর অবস্থানভেদে কখনও বস্তুর চেয়ে বড় আকারের ও কখনও ছোট আকারের প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়।	৪. বস্তুর অবস্থানভেদে উত্তল লেন্সে কখনও আকারে বস্তুর চেয়ে বড় আবার কখনও ছোট প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়। অবতল লেন্সে সর্বদা লক্ষ্যবস্তুর চেয়ে ছোট আকারের প্রতিবিম্ব পাওয়া যায়।
৫. দর্পণে একজন লোকের ডান হাত তার প্রতিবিম্বে বাম হাত মনে হবে।	৫. লেন্সে একজন লোকের ডান হাত তার প্রতিবিম্বেও ডান হাতই মনে হবে।
৬. দর্পণের সম্মুখে একটি লেখা ধরে দর্পণটিকে ডান পার্শ্ব হতে বাম পার্শ্বের দিকে সরালে, লেখার প্রতিবিম্ব একই দিকে সরে যেতে দেখা যাবে।	৬. লেন্সের সন্নিকটে একট লেখা ধরে লেন্সটিকে ডান পার্শ্বে হতে বাম পার্শ্বের দিকে সরালে উত্তল লেন্সে লেখার অবাস্তব প্রতিবিম্ব বাম পার্শ্ব হতে ডান পার্শ্বের দিকে এবং অবতল রেন্সে অবাস্তব প্রতিবিম্ব ডান পার্শ্ব হতে বাম পার্শ্বের দিকে সরে যেতে দেখা যাবে।
৭. দর্পণের ফোকাস দূরত্ব তার বক্রতার ব্যাসার্ধের উপর নির্ভর করে।	৭. লেন্সের ফোকাস দূরত্ব তার বক্রতার ব্যাসার্ধ, বেষ্টনকারী মাধ্যম ও লেন্সের উপাদানের প্রকৃতি ও আপতিত আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে।

উত্তল লেন্সে প্রতিবিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি:

লেন্সের সাপেক্ষে বস্তুর অবস্থান	প্রতিবিম্বের অবস্থান
অসীম দূরত্বে ($u = \infty$)	২য় প্রধান ফোকাস তলে ($v = f$)
অপেক্ষা বেশি দূরে ($u > 2f$)	লেন্সের পশ্চাতে f ও 2f দূরত্বের মাঝে। ($2f > v > f$)
2f দূরত্বে ($u = 2f$)	লেন্সের পশ্চাতে 2f দূরত্বে ($v = 2f$)
f ও 2f দূরত্বের মাঝে ($2f > u > f$)	লেন্সের পশ্চাতে 2f অপেক্ষা বেশি হবে। ($v > 2f$)
f দুরত্বে ($u = f$)	অসীম দূরত্বে ($V = \infty$)
আলোককেন্দ্র ও f দূরত্বের মাঝে ($f > u > 0$)	বস্তুর একই পার্শ্বে এবং সামনে ($v > u$)

জানতে হবে:

- লাল বর্ণের আলোকের ফোকাস দূরত্ব সবচেয়ে বেশী।
- বেগুনী বর্ণের আলোকের ফোকাস দূরত্ব সবচেয়ে কম।

লেন্সের যে কোন দূরত্ব নির্ভর করে-

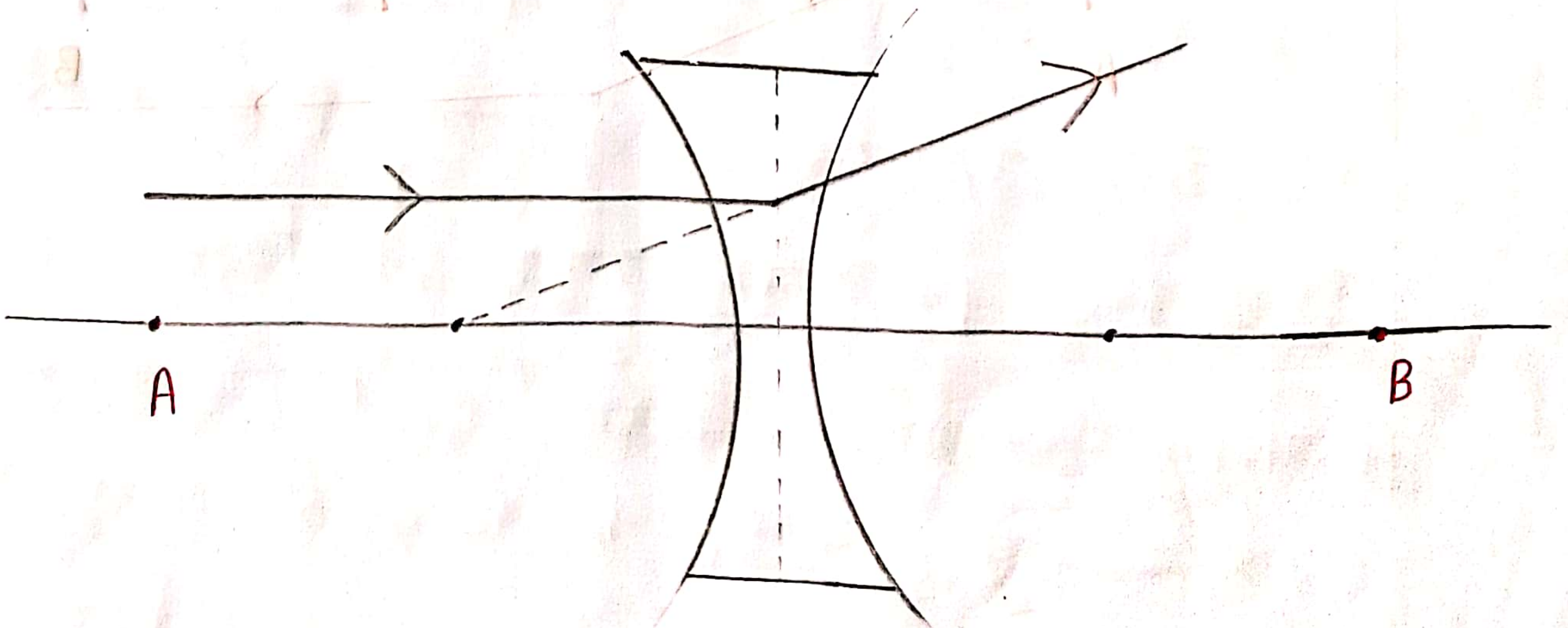
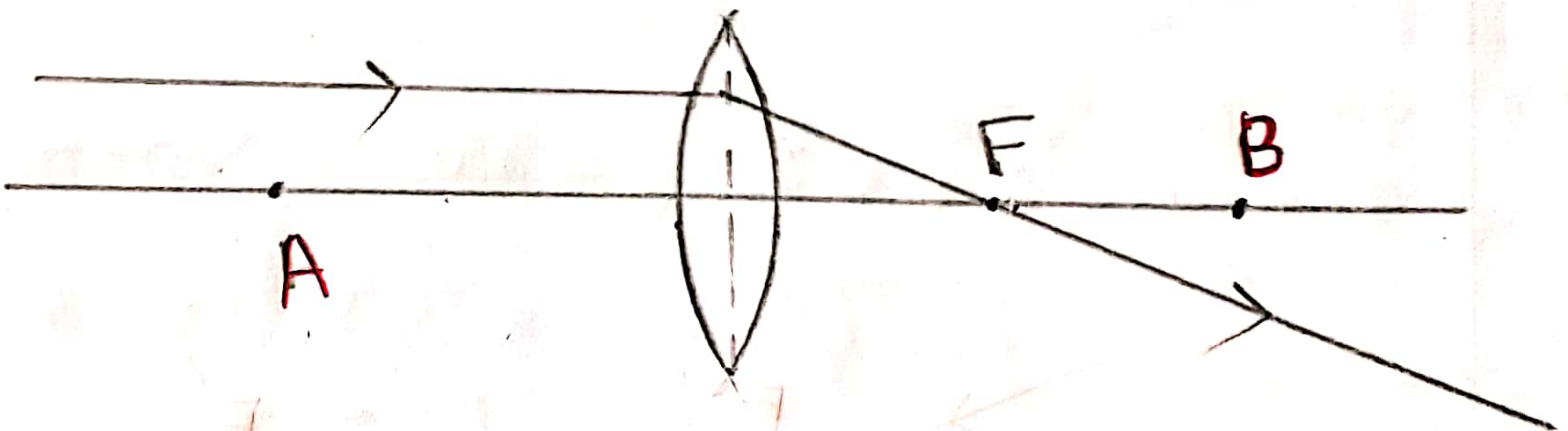
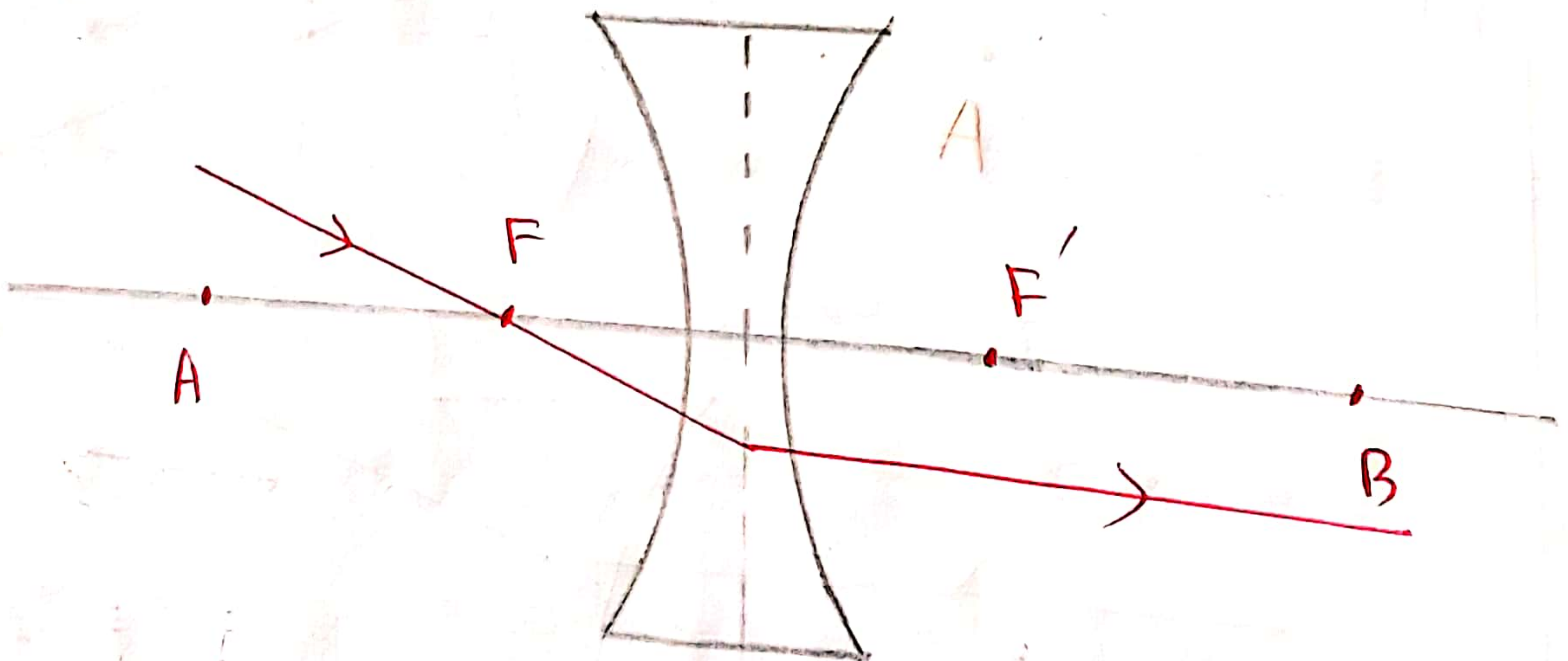
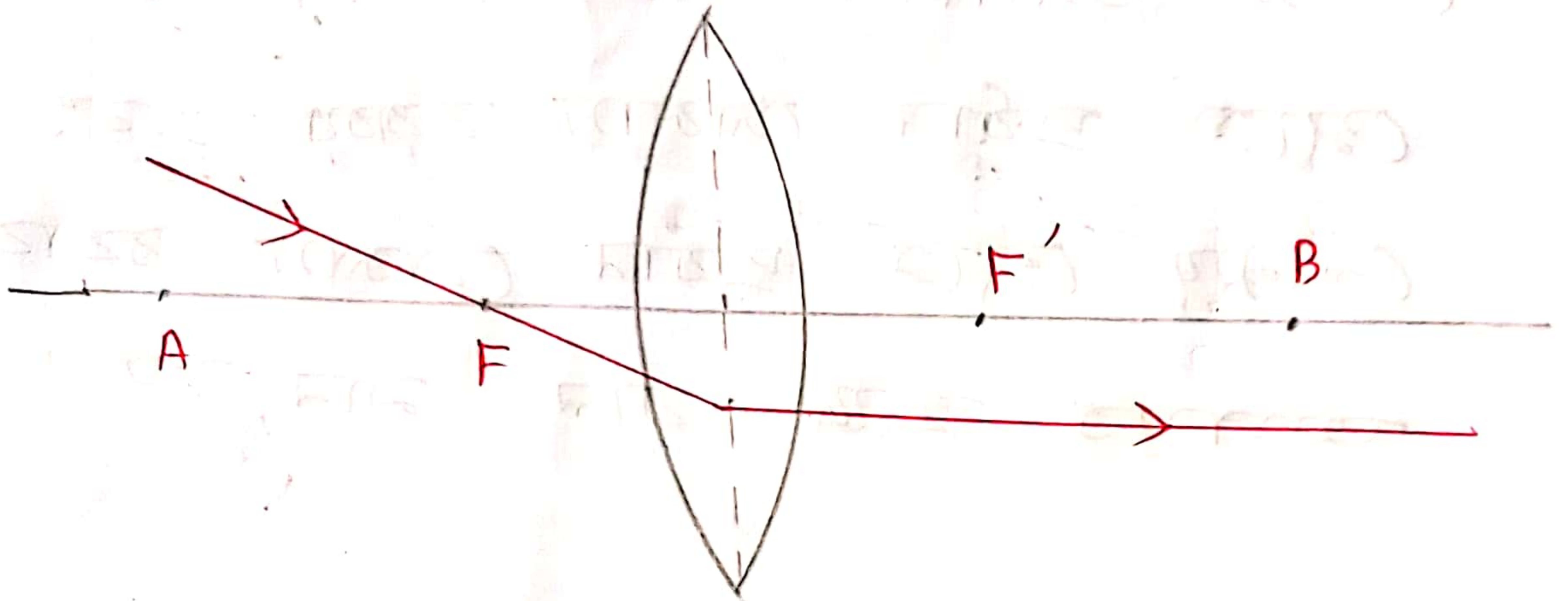
- লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক
- আপতিত আলোকের বর্ণ ও
- লেন্সের গোলীয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধের উপর।

লেন্স এ রশ্মি চিত্র ঃ

(i) আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালে লেন্সে আপতিত হওয়ার পর উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে প্রধান ফোকাস বরাবর এবং অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে প্রধান ফোকাস থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়।

(ii) আলোক রশ্মি প্রধান ফোকাস বরাবর আপতিত হওয়ার পর প্রধান অক্ষের সমান্তরালে যাবে।

A F F′ B

A F F′ B

পাতলা লেন্সের ক্ষেত্রে,

(iii) আলোক রশ্মি আলোক কেন্দ্র বরাবর আপতিত হওয়ার পর প্রতিসরিত রশ্মি সোজাসুজি চলে যায়।

(iv) আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষ বরাবর লেন্সে আপতিত হলে প্রতিসরিত রশ্মি সোজাসুজি গমন করে।

A B

A B

উত্তল লেন্সে বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তু

মনে করি, LOL' একটি উত্তল লেন্সের। বক্রতার কেন্দ্র ও প্রধান ফোকাসদ্বয় যথাক্রমে A, A' ও F ও F'. বক্রতার কেন্দ্রের বাইরে PQ একটি বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তু। লক্ষ্যবস্তুর P বিন্দু থেকে একটি আলোকরশ্মি ~~লেন্সের~~ প্রধান অক্ষের সমান্তরালে লেন্সের h বিন্দুতে আপতিত হয়, প্রধান ফোকাস বরাবর প্রতিসরিত হয়।

P থেকে আগত একটি আলোর রশ্মি লেন্সের আলোক কেন্দ্র বরাবর আপতিত হয় সোজাসুজি গমন করে।

প্রতিসরিত রশ্মি দুটি P′ বিন্দুতে মিলিত হয়। P′ বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের উপর P′Q′ লম্বই হবে PQ এর বাস্তব, উল্টো ও এবং আকারে ছোট প্রতিবিম্ব।

অবতল দর্পণে প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তু -

মনে করি, LOL' একটি অবতল দর্পণ লেন্স। বক্রতার কেন্দ্র ও প্রধান ফোকাস যথাক্রমে A, A' ও F, F' বক্রতার কেন্দ্রের বাইরে PQ লক্ষ্য বস্তু। লক্ষ্য বস্তুর Q বিন্দু থেকে একটি আলোক রশ্মি লেন্সের h বিন্দুতে আপতিত হলে প্রতিফলিত হয়ে প্রধান ফোকাস বরাবর অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়। Q বিন্দু থেকে আরও একটি আলোক রশ্মি লেন্সের আলোক কেন্দ্র বরাবর O আপতিত হলে

সামনের মোমবাতি অবস্থান করে।

~~প্রতিচ্ছবি~~:

আপতিত রশ্মি কম Q' বিন্দুতে মিলিত হয়,

Q বিন্দু থেকে একটি অক্ষের উপর P'Q'

লম্ব হবে PQ এর সমান ও সোজা

~~প্রতিবিম্ব~~ এবং ছোট প্রতিবিম্ব।

২৬৫ দ্বিতীয় উদাহরণ :

Q. উত্তল লেন্সকে অভিসারী লেন্স বলা হয় কেন?

→ যে লেন্সের মধ্যভাগ পুরু এবং প্রান্তভাগ সরু তাকে উত্তল লেন্স বলে।

একগুচ্ছ আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালে উত্তল লেন্সে আপতিত হলে প্রতিসরিত রশ্মিগুচ্ছ প্রধান ফোকাস বিন্দুতে মিলিত হয়। এ কারণে উত্তল লেন্সকে অভিসারী লেন্স বলা হয়।

Q. অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্স বলা হয় কেন - ব্যাখ্যা কর।

→ যে লেন্সের মধ্যভাগ সরু এবং প্রান্তভাগ পুরু তাকে অবতল লেন্স বলা হয়।

একগুচ্ছ আলোক রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালে অবতল লেন্সে আপতিত হলে প্রতিসরিত রশ্মি গুচ্ছ প্রধান ফোকাস বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়।

এ কারণে অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্স বলা হয়।

লেন্সের ক্ষমতা

এক মিটার আলোর রশ্মিকে অভিসারি বা অপসারি রশ্মি সমূহে পরিণত করাকে লেন্সের ক্ষমতা বলে।

ইহাকে P দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

M.K.S একটিতে লেন্সের ক্ষমতার একক m^{-1} বা D (ডায়াপ্টার)

লেন্সের ক্ষমতার মাত্রা L^{-1}

লেন্সের ক্ষমতার রাশিমালা : লেন্সের ফোকাস দূরত্বকে মিটার এককে প্রকাশ করার পর ইহার বিপরীত রাশি দ্বারা লেন্সের ক্ষমতা প্রকাশ করা হয়।

মনে করি, কোন লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f এবং ইহার একক (m) মি হয়।

লেন্সের ক্ষমতা

$$P = \frac{1}{f} \quad m^{-1}/D$$

$$P = \frac{1}{f\,(m)}$$

কোন উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 5cm হলে উক্ত লেন্সের ক্ষমতা কত?

→ আমরা জানি

$$p = \frac{1}{f(m)}$$

এখানে,
$f = 5cm$
$= +0.05 m$
$p = ?$

$$= \frac{1}{+0.05}$$

$$= +20 (D)$$

∴ উক্ত লেন্সের ক্ষমতা =

* উক্ত লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে 5cm সামনে একটি বস্তু রাখা হলে আলোক কেন্দ্র থেকে অপর পাশে 9cm দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হলে উক্ত লেন্সের ক্ষমতা বের কর।

→ উক্ত লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f হলে

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{5} + \frac{1}{9}$$

$$= \frac{1}{f} = 0.45$$

∴ $f = 2.22 cm.$

এখানে,
$u = 5 cm$
$v = 9 cm.$

∴ লেন্সের ক্ষমতা p হলে

$$p = \frac{1}{f(m)}$$

$$= \frac{1}{22.2\times10^{-3}}$$

$$= 45.05 D.$$

এখানে,
$f = 2.22 cm$
$= 22.2\times10^{-3} m$

অবতল লেন্স এর ক্ষমতা সর্বদা ঋণাত্মক হয়।

উত্তল লেন্স এর ক্ষমতা সর্বদা ধনাত্মক হয়।

চিহ্নের প্রথা

বস্তুর দূরত্ব সর্বদা ধনাত্মক (+ve) হয়।

বাস্তববিম্বের ক্ষেত্রেঃ

বস্তুর দূরত্ব (+ve)

প্রতিবিম্বের দূরত্ব (+ve)

ফোকাস দূরত্ব (+ve)

অবাস্তব প্রতিবিম্বের ক্ষেত্রেঃ

বস্তুর দূরত্ব (+ve)

প্রতিবিম্বের দূরত্ব (−ve)

ফোকাস দূরত্ব (−ve)

চোখের উপযোজন: যে কোন দূরত্বে কোন বস্তু দেখার জন্য চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নিয়ন্ত্রণ করার ক্ষমতাকে চোখের উপযোজন বলে।

স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব: চোখের যে সর্বনিম্ন দূরত্বে বস্তু রাখলে তা বিনা শ্রান্তিতে দেখতে পায় সেই দূরত্বকে স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব বলে।

একটি স্বাভাবিক ও সুস্থ চোখের স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব 25 cm হয়ে থাকে। স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম বিন্দুকে নিকট বিন্দু (near point) বলে।

স্পষ্ট দর্শনের নূন্যতম দূরত্ব: চোখের সামনে যে সর্বোচ্চ দূরত্বের বস্তু রাখলে তা বিনা শ্রান্তিতে দেখতে পায়, সেই দূরত্বকে স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব বলে।

একটি স্বাভাবিক ও সুস্থ চোখের স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব অসীম হয়।

দর্শানুভূতির স্থায়িত্বকাল: দৃশ্যমান কোন বস্তুকে সরিয়ে নেওয়ার পরেও মস্তিষ্কে 0.035 সেকেন্ড পর্যন্ত অনুভূতি থাকে। একে দর্শানুভূতির স্থায়িত্ব কাল বলে।

দর্শানুভূতির স্থায়িত্বকাল
0.03 সেকেন্ড

চোখের ত্রুটি : স্বাভাবিকভাবে একটি চোখ নিকট বিন্দু থেকে অসীম পর্যন্ত কোনো বস্তুকে বিনা শ্রান্তিতে স্পষ্ট দেখতে পারে, এভাবে স্বাভাবিক সু দৃষ্টি শক্তি বলে অভিহিত করা হয়, স্বাভাবিক দৃষ্টি শক্তি ব্যহত হলেই তাকে চোখের ত্রুটি বলা হয়।

চোখের ত্রুটির প্রকার ভেদ :

চোখের ত্রুটির প্রকার ভেদ

(i) হ্রস্বদৃষ্টি বা ক্ষীণদৃষ্টি

(ii) দীর্ঘদৃষ্টি বা দূরদৃষ্টি।

হ্রস্বদৃষ্টি বা ক্ষীণ দৃষ্টি : যখন চোখে কাছের বস্তু দেখতে পায় কিন্তু দূরের বস্তু দেখতে পায় না, তখন চোখের এ ত্রুটিকে ক্ষীণ দৃষ্টি বলে।

এরূপ চোখের দূরবিন্দু অসীম দূরত্বে না হয়ে কাছে সরে এবং বস্তুকে স্পষ্ট দৃষ্টিতে দৃষ্টির ন্যূনতম দূরত্ব থেকে আরো কাছে আনলে অক্ষিপটের স্পষ্ট দেখায়।

হ্রস্বদৃষ্টি বা ক্ষীণ দৃষ্টির কারণ :

(i) চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা বৃদ্ধি পেলে বা ফোকাস দূরত্ব কমলে, চোখে এ ত্রুটি হয়।

(ii) কোন কারণে অক্ষিগোলকের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেলে এ ত্রুটি হয়।

হ্রস্ব দৃষ্টি বা ক্ষীণ দৃষ্টির প্রতিকার

চোখ

R → রেটিনা

ক্ষীণ দৃষ্টি

অবতল লেন্সের চশমা ব্যবহার করে এই ত্রুটি প্রতিকার করা যায়। অবতল লেন্সের চশমার কিছুটা অপসারি ক্রিয়া চোখের উত্তল লেন্সের অভিসারী ক্রিয়াকে বিনষ্টিত। কাজেই চোখের ফোকাস দূরত্ব বৃদ্ধি পায় যাতে বস্তুর প্রতিবিম্ব আবার রেটিনাতে গঠিত হবে। অর্থাৎ অভিসৃত দূরত্বের বস্তুকে নিকটে দেখাবে

দীর্ঘদৃষ্টি বা দূরদৃষ্টি : যখন চোখ দূরের বস্তু দেখতে পায় কিন্তু কাছের বস্তু দেখতে পায় না তখন চোখের এ ত্রুটিকে দীর্ঘদৃষ্টি বলে।

দীর্ঘদৃষ্টি এর কারণ :

(i) চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা হ্রাস পেলে বা চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বেড়ে গেলে।

(ii) কোনো কারণে অক্ষিগোলকের ব্যাসার্ধ কমে গেলে।

প্রতিকার:

উত্তল লেন্সের চশমা ব্যবহার করে এই ত্রুটি প্রতিকার করা যায়।

উত্তল লেন্সের চশমা

ব্যবহার করার ফলে কাছাকাছি বিন্দু থেকে আসা আলোর রশ্মি চোখের লেন্স এবং চোখের লেন্সে পর পর দুইবার প্রতিসরিত হওয়ার কারণে ফোকাস দূরত্ব কমে যায় এবং প্রয়োজন মতো অভিসারী হয়ে প্রতিবিম্বটি রেটিনার উপর পড়ে।

<u>ব্লাইন্ড স্পট :</u> রেটিনার যে অংশে অপটিক নার্ভ সংযুক্ত থাকে ~~সেই~~ অংশটি দৃষ্টির অনুভূতি সৃষ্টি করে না তাকে ব্লাইন্ড স্পট বলে।

চোখ এবং চোখের দৃষ্টির বৈশিষ্ট্য:

বইয়ের ২৭০ ও ২৭২ পৃষ্ঠায় ৭.৫.৫

বাইনোকুলার ভিশন: মানুষের দুটি চোখে দুটি প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয়; মানব মস্তিষ্ক সেগুলো বিশ্লেষণ করে দৃশ্যানুভূতি সৃষ্টি করে। একে বাইনোকুলার ভিশন বলে।

বিভিন্ন বস্তুর আলোকীয় অনুভূতি এবং অবস্থান:

তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের নোটে মোটা বিস্তারিত আছে।

গ) ১ম ক্ষেত্রে

এখানে
$\theta_c = 65^\circ$
$\mu_g = ?$

$$\mu_g = \frac{1}{\sin \theta_c}$$

$$\Rightarrow \mu_g = \frac{1}{\sin 65^\circ}$$

$$\therefore \mu_g = 1.1$$

কোনো এক অজানা প্রশ্নের সমাধান

২য় ক্ষেত্রে

এখানে
$\theta_c' = 75^\circ$
${}_l\mu_g = ?$

$${}_l\mu_g = \frac{1}{\sin \theta_c'}$$

$$\Rightarrow {}_l\mu_g = \frac{1}{\sin 75^\circ}$$

$$\therefore {}_l\mu_g = 1.04$$

আবার

$${}_l\mu_g = \frac{\mu_l}{\mu_g}$$

$$\Rightarrow \mu_l = {}_l\mu_g \times \mu_g$$

$$= 1.04 \times 1.1$$

$$= 1.44$$

এখানে
${}_l\mu_g = 1.04$
$\mu_g = 1.1$
$\mu_l = ?$

লেন্স সংক্রান্ত আরো দুটি সূত্র

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\mu_2 - 1}{\mu_1 - 1}$$

প্রতি মাধ্যমের μ হলে

$\mu > 1$ হলে, আলোর রশ্মি হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে প্রবেশ করেছে।

$\mu < 1$ হলে, আলোর রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রবেশ করেছে।

$${}_a\mu_b \times {}_b\mu_c \times {}_c\mu_a = 1$$

$$\frac{\mu_2}{v} + \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$$

বইয়ের সৃজনশীল প্রশ্ন নং-০১
২৭৭ পৃষ্ঠা

(গ) আমরা জানি,

$$P = \frac{1}{f}$$

এখানে,

$P = -2\,D$

$f = ?$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{P}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{-2}$$

$$\therefore f = -0.5\ m$$

এখানে (–) ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা অবতল লেন্স বুঝানো হয়েছে।

(ঘ) বইয়ের সৃজনশীল নং- (2)

(ক)

- লেন্স
  - উত্তল লেন্স
    - উভোত্তল বা দ্বি-উত্তল
    - সমতলোত্তল
    - অবতলোত্তল
  - অবতল লেন্স
    - উভো-অবতল বা দ্বি-অবতল
    - সমতলাবতল
    - উত্তলাবতল

সৃজনশীল নং - ৭০

P

L

Q A F O F' A'

L'

LOL' একটি উত্তল লেন্সের বক্রতার কেন্দ্রের বাইরে PQ বিস্তৃত লক্ষ্যবস্তু।

ক) উত্তল লেন্স কাকে বলে?

খ) উত্তল লেন্সকে অভিসারী লেন্স বলা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ) রশ্মি চিত্র এঁকে PQ লক্ষ্য বস্তুর প্রতিবিম্ব বর্ণনা কর।

ঘ) উদ্দীপকের লেন্সটিকে আতশি কাচ হিসাবে ব্যবহার করা যায় কিনা - যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো।

সমাধান

ক). যে লেন্সের মধ্যভাগ মোটা এবং প্রান্তদ্বয় সরু তাকে উত্তল লেন্স বলে।

খ). যে লেন্সের মধ্যভাগ মোটা এবং প্রান্তদ্বয় সরু তাকে উত্তল লেন্স বলে।

এক গুচ্ছ সমান্তরাল আলোক রশ্মি লেন্সের সমান্তরালে আপতিত হলে রশ্মি গুচ্ছ একটি বিন্দুতে মিলিত হয়। এজন্যে উত্তল লেন্সকে অভিসারী লেন্স বলা হয়।

১৮/

L P n P' Q A F O F A' O' L'

মনে করি, LOL' একটি উত্তল লেন্স। O আলোক কেন্দ্র ও প্রধান ফোকাস যথাক্রমে F ও F' এবং বক্রতার কেন্দ্র A ও A'। বক্রতার কেন্দ্রের বাইরে PQ লক্ষ্যবস্তু। P থেকে একটি আলোক রশ্মি লেন্সের n বিন্দুতে

ঘ) আতশি কাচে সৃষ্ট প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হয়।

উদ্দীপকের লেন্সটি হচ্ছে উত্তল লেন্স। লেন্সের ক্ষেত্রে অবস্থানের উপর নির্ভর করে উত্তল লেন্স বিভিন্ন প্রতিবিম্ব তৈরি করা সম্ভব, উত্তল লেন্সে অবস্থিত ফোকাস ও আলোক কেন্দ্রের ভিতর মধ্যে বস্তু স্থাপন করলে এর প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হয়, তাই বলা যায় উদ্দীপকের উত্তল লেন্সটিকে আতশি কাচ হিসাবে ব্যবহার করা যাবে।